

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

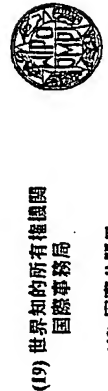
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**





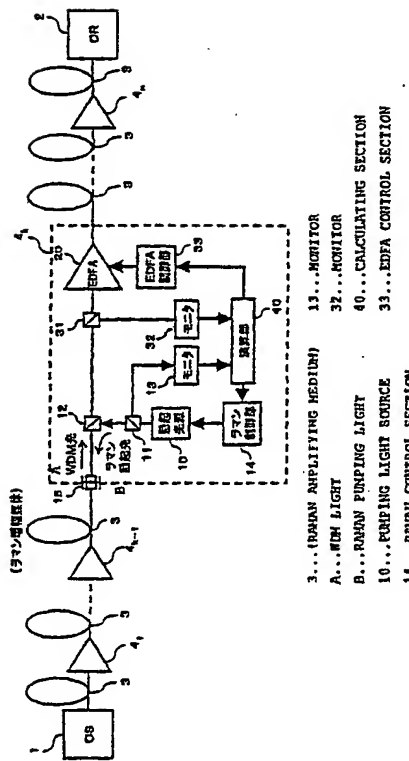
(19) 世界知的財産権  
国際事務局

(43) 国際公開日 2002年3月14日 (14.03.2002) PCT WO 02/21204 A1  
(10) 国際公開番号

- (51) 国際特許分類: G02F 1/35, タル・テクノロジー株式会社内 Hokkaido (JP), 尾中  
典紀 (ONAKA, Miki) (JP/JP), 林 悦子 (HAYASHI,  
Etsuko) (JP/JP), 豊 崎 (SUGAWA, Yueshi) (JP/JP),  
〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1  
番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/06102
- (22) 国際出願日: 2000年9月7日 (07.09.2000)
- (23) 国際出願の言語: 日本語
- (24) 国際公開の言語: 日本語
- (25) 指定国 (国内): JP, US.
- (26) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,  
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (27) 出願人 (米国の指定国について): 富士通  
株式会社 (FUJITSU LIMITED) (JP/JP); 〒211-8588 神  
奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa  
(JP).
- (28) 発明者: および  
(29) 発明者/出願人 (米国の指定国について): 田中智登  
(TANAKA, Tomoto) (JP/JP); 〒060-0807 北海道札幌  
市北区北七条西4丁目3番地1 富士通北海道ディ  
ジェのガイダンスノート」を参照。
- 添付公開書類:  
一 国際調査報告書

(54) Title: OPTICAL AMPLIFIER USING RAMAN AMPLIFICATION

(54) 発明の名称: ラマン増幅を利用した光増幅装置



(57) Abstract: An optical amplifier using Raman amplification which detects reliably stop of input of a signal light and stops the supply of pumping light according to the detection of the stop of input of the signal light. The optical amplifier has input stop detecting means for detecting the noise light component due to the Raman amplification and judges the stop of the input of the signal light according to the result of the detection and shutdown control means for shutting down the supply of pumping light when the input stop detecting means detects stop of the input of the signal light. The input stop detecting means calculates the noise light power due to the Raman amplification from the power of the pumping light monitored, corrects the threshold used as a criteria for judgement of stop of the input by using the result of the calculation, and judges stop of the input of the signal light when the value of the monitored power of the light inputted to the second light amplifying means is smaller than the corrected threshold.

(読者)

(57) 要約:

本発明は、信号光の入力断を確実に判断できるラマン増幅を利用した光増幅装置を提供するとともに、判断した信号光の入力断に従って励起光の供給を遮断することが可能な光増幅装置を提供することを目的とする。このため、本発明による光増幅装置は、ラマン増幅による雑音光成分を検出し、その検出結果に基づいて信号光の入力断を判断する入力断検出手段を備え、また、入力断検出手段で信号光の入力断が判断されたとき、励起光の供給を遮断するシャットダウン制御手段を備える。入力断検出手段では、モニタされた励起光パワーに応じてラマン増幅による雑音光パワーが計算され、その計算結果を用いて入力断の判断基準となる閾値が補正され、第2光増幅手段への入力光パワーのモニタ値が補正後の閾値よりも小さいとき信号光の入力断が判断される。

## 1

## 明 細 書

## 2

ラマン増幅を利用した光増幅装置

## 技術分野

本発明は、ラマン増幅を利用して信号光の増幅を行う光増幅装置に関し、特に、信号光の入力断を検出する機能を備えた光増幅装置に関する。

## 背景技術

近年、ラマン増幅を利用して光増幅装置を構成することにより、光増幅帯域の拡大や各種光通信システムにおける中継損失の低減等を図る技術の開発が進められている。例えば図10に示すように、エルビウムドープ光ファイバ増幅器(EDFA)などの前段にラマン増幅器を配置し、ラマン増幅された信号光がEDFAに入力されるような構成の光増幅装置が提案されている。また、将来的には、ラマン増幅器単独で光増幅装置が構成されることも考えられる。

ところで、光増幅装置を用いて信号光を中継伝送する一般的な光伝送システムでは、例えば、伝送路の断線やコネクタの開放等の発生によって信号光が遮断された場合、光増幅装置において信号光の入力断を瞬時に検出する必要がある。このような入力断検出が必要になる理由は、例えば、信号光の増幅利得を一定に制御するAGCや出力光のレベルを一定に制御するALCが光増幅装置には一般に適用されるため、信号光の入力断が生じた場合、その光増幅装置で発生する雑音成分のみで所定の出力光が得られるように増幅動作が制御されてしまうという問題や、また、そのような状態で信号光の入力断が復旧すると、光増幅装置としてEDFAを用いた場合にはサージを発生させてしまい装置の損傷につながるという問題などを回避するためである。

EDFAを用いた光増幅装置では、信号光の入力断を検出してエルビウムドープファイバ(EDF)への励起光の供給を遮断する、いわゆるシャットダウン制御が行われていた。具体的には、例えば図11に示すように、前段のEDFA(図示せず)から伝送路を介して送られてくる波長多重(WDM)信号光をED

FAによって一括増幅するようとき、EDFAに入力されるWDM信号光の一部が光カプラで分岐され、該分岐光のパワーが光パワーモニタ部でモニタされる。光パワーモニタ部でモニタされる光パワーは、例えば図12(A)に示すように、WDM信号光に含まれる信号光成分と、前段のEDFA等で発生し累積した自然放光(ASE光)成分との和に対応した光パワーとなる。

このような構成において、例えば、前段のEDFAに接続する伝送路の断線あるいはコネクタの開放等によってWDM信号光の入力断が発生すると、上記の光パワーモニタ部でモニタされる光パワーは、図12(B)に示すように略零となる。したがって、従来のEDFAにおけるシャットダウン制御では、光パワーモニタ部でモニタされる光パワーが所定の閾値以下となった場合に、EDFA制御部がWDM信号光の入力断を判断してEDFへの励起光の供給を遮断するような制御が行われてきた。

上記のような従来のEDFAのシャットダウン制御を、前述の図10に示したようなラマン増幅器とEDFAを組み合わせた光増幅装置に適用する場合には、ラマン増幅による雑音光の発生によって、信号光の入力断を正確に判断することが困難になるという問題がある。このラマン増幅による雑音光は、信号光が入力されていない状態でラマン励起光だけを増幅媒体に入射した場合にも発生する雑音光であって、一般的にはポンプ光によるラマン散乱光などと呼ばれているものである。ここでは、EDFAで発生する自然放光(ASE)光に対し、ラマン増幅器で発生する上記雑音光を自然ラマン散乱(ASS: Amplified Spontaneous Raman Scattering)光と呼ぶことにする。

ラマン増幅器とEDFAを組み合わせた光増幅装置において、光パワーモニタ部でモニタされることとなるEDFAへの入力光のパワーは、例えば図13(A)に示すように、基本的には、信号光成分と、前段のEDFA等で発生し累積したASE光成分と、自段のラマン増幅により発生するASS光成分との和に対応した光パワーとなる。そして、信号光の入力断が発生すると、上記の光パワーモニタ部でモニタされる光パワーは、図13(B)に示すように、ASS光成分に対応した光パワーとなる。したがって、このような光増幅装置について確実なシャットダウン制御を行うためには、従来のEDFAにおけるシャットダウン

制御で入力断を判断する基準としていた閾値について、上記のASS光成分に対応した補正を行うことが課題となる。

また、ラマン増幅を利用した光増幅装置では、非常に高いレベルの励起光が伝送路を構成する光ファイバ等に入射されることになるため、伝送路の断線やコネクタの開放等によって励起光が外部に放射される可能性がある。このような場合には、励起光パワーを安全なレベルまで瞬時に下げるか、あるいは、励起光源の駆動状態をオフにするなどの措置をとることが望まれる。しかしながら、これまでに提案されているラマン増幅を利用した光増幅装置にあつては、上記のような措置を具体的に施したものはなかった。

本発明は上記の点に着目してなされたもので、信号光の入力断を確実に判断できるラマン増幅を利用した光増幅装置を提供するとともに、判断した信号光の入力断に従って励起光の供給を遮断することが可能な光増幅装置を提供することを、目的とする。

#### 発明の開示

このため本発明の光増幅装置は、ラマン増幅媒体に励起光を供給することで、ラマン増幅媒体を伝搬する信号光をラマン増幅する第1光増幅手段を備えた光増幅装置において、第1光増幅手段による雑音光成分を検出し、該検出結果を利用して信号光の入力断を判断する入力断検出手段を備えるようにしたものである。かかる構成によれば、自然ラマン散乱光の影響を考慮した信号光の入力断検出が行われるようになる。

また、上記の光増幅装置については、入力断検出手段で信号光の入力断が判断されたとき、励起光の供給を遮断するシャットダウン制御手段を備えるようにしてもよい。かかる構成では、本光増幅装置への信号光の入力が途絶えると、シャットダウン制御手段によってラマン励起光の供給が自動的に遮断され、高いレベルの励起光が外部に放射されるような事態が回避されるようになる。

さらに、上記の光増幅装置については、第1光増幅手段から出力される信号光を増幅する第2光増幅手段を備えるようにしてもよい。これにより、第1、2光増幅手段を組み合わせた光増幅構成においても、確実な入力断検出とシャットダ

ウン制御を行うことが可能になる。

上記の光増幅装置の具体的な構成として、入力断検出手段は、ラマン増幅媒体に供給される励起光パワーを検出する励起光パワー検出部と、第2光増幅手段への入力光パワーを検出する入力光パワー検出部と、励起光パワー検出部の検出結果に応じて第1光増幅手段による雑音光パワーを算出し、該算出した雑音光パワーに従って入力光パワー検出部で検出された入力光パワーと入力断の判断基準となる閾値との相対的なレベルの補正を行い、第2光増幅手段への入力光パワーが閾値よりも小さいときに信号光の入力断を判断する演算部と、を有し、シャットダウン制御手段は、入力断検出手段で信号光の入力断が判断されたとき、少なくともラマン増幅媒体への励起光の供給を遮断するようにしてもよい。さらに、シャットダウン制御手段は、入力断検出手段で信号光の入力断が判断されたとき、第2光増幅手段の光増幅動作も停止させるようにしても構わない。

かかる構成では、励起光パワー検出部によりラマン励起光のパワーが検出され、入力光パワー検出部により第2光増幅手段の入力光パワーが検出され、各々の検出結果が演算部に送られる。演算部では、励起光パワー検出部で検出されたラマン励起光パワーに応じてラマン増幅による雑音光パワーが算出され、該算出結果に従って、入力断の判断基準となる閾値の補正処理、あるいは、入力光パワー検出部で検出された入力光パワーの補正（オフセット処理）が行われる。そして、第2光増幅手段への入力光パワーが閾値よりも小さいときに信号光の入力断が判断され、シャットダウン制御手段によってラマン増幅媒体への励起光の供給を遮断したり、第2光増幅手段の光増幅動作を停止したりするシャットダウン制御が行われるようになる。

また、本発明の光増幅装置の他の態様としては、コネクタを介して接続されたラマン増幅媒体に励起光を供給することで、ラマン増幅媒体を伝搬する信号光をラマン増幅する第1光増幅手段を備えた光増幅装置において、第1光増幅手段は、ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーを検出する透過励起光パワー検出部と、ラマン増幅媒体に供給される励起光がコネクタの端面で反射した反射光のパワーを検出する反射励起光パワー検出部と、透過励起光パワー検出部および反射励起光パワー検出部の各検出結果に基づいてコネクタが正常に接続されているか

否かを判断し、コネクタが正常に接続されているときには、励起光パワーをラマン増幅可能な所定レベルに設定し、コネクタが正常に接続されていないときには、励起光パワーを安全レベルまで低下させる安全光制御部と、を備えるようにしたものである。

かかる構成では、コネクタを介してラマン増幅媒体に供給される励起光についての透過光および反射光の各パワーが、透過励起光パワー検出部および反射励起光パワー検出部でそれぞれ検出され、該検出結果に基づいて安全光制御部によりコネクタの接続状態が判断され、ラマン励起光についてのいわゆるレーザ安全光制御が行われるようになる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1実施形態にかかる光増幅装置を用いたWDM光通信システムの要部構成を示すブロック図である。

図2は、本発明の第1実施形態におけるEDFAの具体的な構成の一例を示すブロック図である。

図3は、ラマン増幅によって発生する雑音成分(ASS光)のトータルパワーとラマン励起光のパワーとの関係を示す図である。

図4は、本発明の第1実施形態において、EDFA入力段の光カプラによって分岐される光のパワーレベルを波長について示した図である。

図5は、本発明の第1実施形態について、演算部における演算処理を説明する図である。

図6は、本発明の第2実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図である。

図7は、本発明の第3実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図である。

図8は、本発明の実施形態に関連して、信号光のスペクトルを測定しS/N比を求めて入力断を判断する場合の構成例を示すブロック図である。

図9は、本発明の実施形態に関連して、監視制御信号をモニタして入力断を判断する場合の構成例を示すブロック図である。

図10は、従来のラマン増幅器およびEDFAを組み合わせた光増幅装置の構成を示すブロック図である。

図11は、従来のシャットダウン制御が行われるEDFAの構成を示すブロック図である。

図12は、従来のシャットダウン制御におけるモニタレベルを示す図である。

図13は、従来のシャットダウン制御をラマン増幅器およびEDFAを組み合わせた光増幅装置に適用した場合のモニタレベルを示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明に係るラマン増幅を利用した光増幅装置の実施形態を添付図面に基いて説明する。

図1は、本発明の第1実施形態にかかる光増幅装置を用いたWDM光通信システムの要部構成を示すブロック図である。

図1において、本光増幅装置を用いたWDM光通信システムは、送信局(OS)1と受信局(OR)2の間が伝送路3で接続され、該伝送路3上には所要の間隔で $n$ 個の光中継器 $4_1, \dots, 4_{k-1}, 4_k, \dots, 4_n$ が配置されていて、WDM信号光が送信局1から受信局2に中継伝送される。各光中継局 $4_1 \sim 4_n$ は、本発明を適用した光増幅装置をそれぞれ備え、該光増幅装置は、ラマン増幅器(第1増幅手段)と、希土類元素ドープ光ファイバ増幅器としての例えばEDFA(第2増幅手段)とを組み合わせた基本構成を有する。図1には、 $k$ 段目の光中継局 $4_k$ 内の光増幅装置について具体的な構成が示してある。なお、 $k$ 段目以外の他の光中継局内の光増幅装置の構成も同一である。

送信局1は、波長の異なる複数の光信号を合波したWDM信号光を発生して伝送路3に送信する一般的な光送信端局である。受信局2は、送信局1から伝送路3および光増幅装置 $4_1 \sim 4_n$ を介して伝送されるWDM信号光を受け、各波長の光信号に分別して受信処理を行う一般的な光受信端局である。

伝送路3は、送信局1、各光中継局 $4_1 \sim 4_n$ および受信局2の間をそれぞれ接続してWDM信号光を伝搬する。また、各中継区間の伝送路3には、受信側に位置する光中継局の信号光入力端から出力されるラマン励起光が供給され、各々

の区間の伝送路 3 がラマン増幅媒体として機能する。

各光中継局 4、～4、の光増幅装置は、例えば、ラマン増幅器側の構成要素として、励起光源 10、光カプラー 11、12、モニタ 13、ラマン制御部 14 およびコネクタ 15 を有し、EDFA 側の構成要素として、EDFA 20、光カプラー 31、モニタ 32 および EDFA 制御部 33 を有し、また、各モニタ 13、32 におけるモニタ結果を基に信号光の入力断を判断して、ラマン制御部 14 および EDFA 制御部 33 に指令を送る演算部 40 を有する。ここでは、ラマン制御部 14 および EDFA 制御部 33 がシャットダウン制御手段に相当する。

励起光源 10 は、伝送される WDM 信号光の波長帯域に対応させて予め設定された波長を有するラマン増幅用の励起光（以下、ラマン励起光とする）を発生し、該ラマン励起光が光カプラー 11、12 およびコネクタ 15 を介して伝送路 3 に供給される。光カプラー 11 は、励起光源 10 から出力されるラマン励起光の一部を分岐してモニタ 13 に伝えるものである。光カプラー 12 は、光カプラー 11 を通過したラマン励起光を信号光入力端に設けられたコネクタ 15 を介して伝送路 3 に供給するとともに、伝送路 3 からの WDM 信号光を通過させて EDFA 20 側に伝えるものである。ここでは、ラマン励起光が WDM 信号光とは逆方向に伝搬することになり、コネクタ 15 に接続される伝送路 3 がラマン増幅媒体となつて、伝送路 3 を伝搬する WDM 信号光がラマン増幅される、いわゆる分布ラマン増幅器（DRA: Distributed Raman Amplifier）が構成される。

モニタ 13 は、光カプラー 11 の分岐光を基に、励起光源 10 から出力されるラマン励起光のパワーを監視し、その結果を演算部 40 に出力する。ラマン制御部 14 は、演算部 40 から出力される指令に従って、励起光源 10 の駆動状態を制御するものである。

EDFA 20 は、光カプラー 12、31 を通過した WDM 信号光を所要のレベルまで増幅して出力する一般的な構成の EDFA である。図 2 は、EDFA 20 の具体的な構成の一例を示すブロック図である。

図 2 の構成例に示す EDFA 20 は、例えば、エルビウムドープファイバ（EDF）を用いた 2 つの光増幅部を直列に接続するとともに、前段の光増幅部および後段の光増幅部の段間に、可変光減衰器 27 および分散補償ファイバ

バ（DCF）28 をそれぞれ挿入した構成からなる。

前段の光増幅部は、EDF 21A、励起光源（LD）22A、光カプラー 23A、24A、24A'、受光器（PD）25A、25A' および AGC 回路 26A を有する。EDF 21A は、入力端子 IN および光カプラー 24A、23A を通過した WDM 信号光が入力される。この EDF 21A は、励起光源 22A からの励起光が光カプラー 23A を介して供給され励起状態とされる。励起光源 22A で発生する励起光の波長帯は、例えば、1550nm 帯の WDM 信号光に対して、980nm 帯や 1480nm 帯などに設定される。この励起光源 22A の駆動状態は、AGC 回路 26A によって制御される。AGC 回路 26A には、光カプラー 24A および受光器 25A によって検出される前段光増幅部への入力光パワーと、光カプラー 24A' および受光器 25A' によって検出される前段光増幅部からの出力光パワーとが伝えられ、通常動作時において、前段の光増幅部の利得が一定になるように励起光源 22A で発生する励起光パワーの自動制御が行われる。

後段の光増幅部は、EDF 21B、励起光源（LD）22B、光カプラー 23B、24B、24B'、受光器（PD）25B、25B' および AGC 回路 26B を有し、これらの各部分は前段の光増幅部の対応する部分と同様である。

可変光減衰器 27 は、前段の光増幅部から出力される WDM 信号光を減衰させて分散補償ファイバ 28 に出力する。この可変光減衰器 27 の光減衰量は、ALC 回路 27a によって制御される。ALC 回路 27a には、光カプラー 27b および受光器 27c によって検出される後段光増幅部からの出力光パワーが伝えられ、通常動作時において、EDFA 20 からのトータル出力光パワーが設定レベルに従って一定となるように可変光減衰器 27 の光減衰量の自動制御が行われる。分散補償ファイバ 28 は、光中継局に接続される伝送路 3 の波長分散特性を補償するものである。

光カプラー 31（図 1）は、上記のような EDFA 20 に入力される WDM 信号光の一部を分岐し、該分岐光をモニタ 32 に伝えるものである。モニタ 32 は、光カプラー 31 からの分岐光を基に、EDFA 20 の入力光パワーをモニタし、そのモニタ結果を演算部 40 に出力する。

演算部 40 は、モニタ 13 からのラマン励起光パワーを基に、ラマン増幅によ

る雑音成分となる自然ラマン散乱光 (ASS光) のトータルパワーを算出する。そして、演算部40は、例えば、信号光の入力断を判断するために予め設定された閾値を、算出したASS光のトータルパワー値に比べて大きくする補正処理を行うか、あるいは、モニタ32で監視されるEDFA20の入力光パワー値を、算出したASS光のトータルパワー値に比べて小さく補正するオフセット処理を行う。次に、演算部40は、EDFA20の入力光パワーと閾値との比較を行い、入力光パワーが閾値よりも小さい場合に信号光の入力断を判断して、シャットダウン制御を行うための指令をラマン制御部14およびEDFA制御部83にそれぞれ送る。

次に、第1実施形態の作用について説明する。

まず、本光増幅装置の演算部40で行われる演算処理について具体的に説明する。

演算部40では、前述したように、ラマン励起光のパワーを基にASS光のトータルパワーが計算される。ラマン増幅によって発生するASS光 (雑音成分) のトータルパワーは、ラマン励起光のパワーに対して、例えば図3に示すような関係に従って変化することが実験的に確認されている。このような関係を真数値で数式化すると、ASS光のトータルパワーAss [mW] は、次の(1)式で表すことが可能である。

$$\text{Ass} = m_1 \cdot 10^{\frac{a_{11} \cdot P_{u1} + a_{10}}{10}} + m_2 \cdot 10^{\frac{a_{21} \cdot P_{u2} + a_{20}}{10}} + \dots + m_i \cdot 10^{\frac{a_{i1} \cdot P_{ui} + a_{i0}}{10}} \quad \dots (1)$$

ただし、 $P_{u1} \sim P_{ui}$  は、波長の異なるラマン励起光源が1個設けられている場合 (本実施形態では  $i=1$ ) における各励起光源で発生するラマン励起光パワー [mW] であり、 $m_1 \sim m_i$  は、各励起光源に対応した重み付け定数であり、 $a_{11}, a_{10} \sim a_{i1}, a_{i0}$  は、図3に示したような関係を1次関数で近似したときの定数である。なお、ここではASS光のトータルパワーとラマン励起光のパワーの関係を1次関数で近似するようにしたが、2次以上の関数で近似して精度を高めることも可能である。

上記(1)式の関係に従い、モニタ13で測定されたラマン励起光パワーを用いてASS光のトータルパワーAssが算出されると、次に、信号光の入力断を判断するための閾値が補正処理されるか、あるいは、モニタ32から伝えられるEDFA20の入力光パワーがオフセット処理される。

ここで、光カプラ31によって分岐されモニタ32でモニタされるEDFA20の入力光について、具体的に説明しておく。図4は、光カプラ31によって分岐される光のパワーレベルを波長について示した図である。

図4に示すように、光カプラ31の分岐光は、WDM信号光の信号帯域およびその付近について、前段のEDFA等で発生し累積したASSE光成分、自段のラマン増幅により発生するASS光成分および信号光成分が存在する。また、信号帯域から離れた波長域には、例えば、レーリ散乱やフレネル反射等による漏れ励起光成分が存在する。このような光のトータルパワーは、例えば図5の左側に示すように、上記の信号光成分、累積ASSE光成分、ASS光成分および漏れ励起光成分をそれぞれ足し合せたものとなる。

信号帯域外の漏れ励起光成分については、光カプラ31で分岐されモニタ32に送られる光を、例えば光フィルタ等を透過させて信号帯域外またはラマン増幅の利得帯域外の成分を遮断することにより、モニタ32でモニタされないようにする。これにより、モニタ32でモニタされる光のトータルパワーは、図5の中央に示すように、信号光成分、累積ASSE光成分およびASSE光成分を足し合せたものとなる。

このようなモニタ32のモニタ結果に対して、前述の(1)式により計算したAssの値に従いASS光成分に相当するレベルの補正 (オフセット処理) を行うことで、補正後のトータルパワーは、図5の右側に示すように、信号光成分および累積ASSE光成分を足し合わせたものとなる。この補正後のモニタレベルは、ラマン増幅器を適用する以前の従来のEDFAにおいて、信号光の入力断を判断するためにモニタしていたEDFAの入力光パワーと同様のものとなる (図12 (A) 参照)。

したがって、ASS光成分の補正を行った後のモニタ32のモニタレベルと予め設定された閾値との比較を行うことで、従来の場合と同様にして、信号光の入



うにした点である。上記以外の他の部分の構成は第1実施形態の場合と同様である。

演算部40'は、ラマン励起光源10<sub>1</sub>～10<sub>4</sub>にそれぞれ対応した各モニタ13<sub>1</sub>～13<sub>4</sub>でモニタされる各波長のラマン励起光パワーを用い、上述した(1)式の関係に従って、ASS光のトータルパワーA<sub>ss</sub>を算出し、第1実施形態の場合と同様に、モニタ32で得られるEDFA20への入力光パワーのオフセット処理等を行い、信号光の入力断を判断する。また、この演算部40'は、透過励起光モニタ42および反射励起光モニタ43の各モニタ結果を基にコネクタ15の接続状態を判断して、ラマン励起光についてのレーザ安全制御を行う機能も具備している。

透過励起光モニタ42は、WDMカプラ16で合波されたラマン励起光の一部を光カプラ41で分岐し、該分岐光のパワーをモニタすることで光カプラ12を介して伝送路(ラマン増幅媒体)3に供給されるラマン励起光のパワーを測定し、その結果を演算部40'に伝えるものである。

反射励起光モニタ42は、伝送路8に供給されるラマン励起光の反射光パワーをモニタし、そのモニタ結果を演算部40'に伝えるものである。上記の反射光は、主にWDMカプラ16で合波されたラマン励起光がコネクタ15の端面で反射した光であって、該反射光の一部が光カプラ41で分岐されて反射励起光モニタ43に送られる。

透過励起光モニタ42および反射励起光モニタ43での各モニタ結果を受けた演算部40'では、透過励起光パワーに対する反射励起光パワーの割合が算出され、その割合が所定値を超えた場合にコネクタ15の接続不良が判断される。コネクタ15の接続不良が判断されると、各ラマン励起光源10<sub>1</sub>～10<sub>4</sub>から出力されるラマン励起光のパワーを安全なレベルまで低下させる指令が、演算部40'から各ラマン制御部14<sub>1</sub>～14<sub>4</sub>にそれぞれ送られ、各ラマン励起光源10<sub>1</sub>～10<sub>4</sub>の駆動状態が自動的に制御される。また、コネクタ15の接続が正常な状態に復帰して、透過励起光パワーに対する反射励起光パワーの割合が所定値以下になると、各波長のラマン励起光パワーを所定のレベルに戻す指令が演算部40'から各ラマン制御部14<sub>1</sub>～14<sub>4</sub>にそれぞれ送られ、ラマン増幅媒体

力断を確実に判断することができるようになる。具体的には、演算部40において、補正後のモニタ32のモニタレベルが閾値よりも小さくなった場合に、信号光の入力断が判断される。

演算部40において信号光の入力断が判断されると、ここでは、ラマン励起光源10の駆動を停止して伝送路3へのラマン励起光の供給を遮断する指令が演算部40からラマン制御部14に送られるとともに、EDFA20内の励起光源の駆動を停止してEDFへの励起光の供給を遮断する指令が演算部40からEDFA制御部33に送られる。

これにより第1実施形態の本光増幅装置は、ASS光の影響を考慮した上で信号光の入力断を瞬時かつ確実に検出することが可能になる。また、信号光の入力断が検出されたときには、伝送路3に供給されるラマン励起光が遮断されるようになるため、例えば、伝送路の断線やコネクタの開放等が発生しても、高いレベルの励起光が外部に放射されるといった事態を回避することができる。また、信号光の入力断とともにEDFA20の動作も停止させれば、EDFAの励起光が遮断できるためより安全であり、上述したようなサージによる装置の損傷も防ぐことが可能になる。

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

図6は、第2実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図である。ただし、上述の第1実施形態にかかる光増幅装置の構成と同様の部分には同一の符号が付してあり、以下同様とする。

図6において、本光増幅装置4の構成が上述の図1に示した第1実施形態の構成と異なる点は、波長の異なる複数の(図では1個)のラマン励起光源10<sub>1</sub>～10<sub>4</sub>を設け、各ラマン励起光源10<sub>1</sub>～10<sub>4</sub>で発生する各々のラマン励起光をWDMカプラ16で合波した後に、光カプラ41、12を介して伝送路3に供給するとともに、各ラマン励起光源10<sub>1</sub>～10<sub>4</sub>で発生する各々のラマン励起光の一部を光カプラ11、11'で分岐してモニタ13<sub>1</sub>～13<sub>4</sub>でモニタし、それぞれのモニタ結果を演算部40に送るようにした点と、信号光入力端のコネクタ15の接続状態を監視してラマン励起光についてのレーザ安全光制御を行うために光カプラ41、透過励起光モニタ42および反射励起光モニタ43を設けるよ

への励起光の供給が再開される。

このように第2実施形態の光増幅装置によれば、波長の異なる複数のラマン励起光源10<sub>1</sub>、10<sub>2</sub>を組み合わせることでラマン励起光を発生するよう構成されている。各波長のラマン励起光のパワーをモニタすることで、上述の(1)式を用いてラマン増幅による雑音成分を算出することができるため、第1実施形態の場合と同様の効果を得ることが可能である。また、ラマン励起光について透過励起光モニタ42および反射励起光モニタ43を設けたことで、コネクタ15の接続状態に応じたいわゆるレーザ安全光制御が行われるようになるため、安全性に優れた光増幅装置を実現できる。

次に、本発明の第3実施形態について説明する。第3実施形態では、例えば、波長帯域を1550nm帯としたいいわゆるCバンドのWDM信号光と、波長帯域を1580nm帯としたいいわゆるLバンドのWDM信号光とを一括して伝送されるWDM光通信システムに好適な光増幅装置について考える。

図7は、第3実施形態にかかる光増幅装置の構成を示すブロック図である。

図7において、本光増幅装置4'は、上述の図6に示した第2実施形態の光増幅装置4について、波長の異なる複数のラマン励起光源をCバンドに对应したユニット10<sub>c</sub>とLバンドに对应したユニット10<sub>l</sub>とに分け、Cバンド用ラマン励起光ユニット10<sub>c</sub>およびLバンド用ラマン励起光ユニット10<sub>l</sub>からそれぞれ出力されるラマン励起光を合波し光カプラ12に送るWDMカプラ17を有する。Cバンド用ラマン励起光ユニット10<sub>c</sub>およびLバンド用ラマン励起光ユニット10<sub>l</sub>は、それぞれ第2実施形態のラマン増幅器側の構成と同様であり、図7では各構成要素について、C、Lバンドに応じた添え字を付した同一符号を設けることで、各々の対応関係を示すようにした。

また、本光増幅装置4'は、EDFA側の構成についてもCバンドおよびLバンド12、31を通過したWDM信号光が、WDMカプラ51によりCバンドとLバンドに分波される。CバンドのWDM信号光は、Cバンド用EDFA20<sub>c</sub>に送られて増幅され、LバンドのWDM信号光は、Lバンド用EDFA20<sub>l</sub>に送られて増幅される。Cバンド用EDFA20<sub>c</sub>の出力光およびLバンド用EDFA

A20<sub>l</sub>の出力光は、それぞれWDMカプラ52に送られ合波された後に伝送路に出力される。Cバンド用EDFA20<sub>c</sub>およびLバンド用EDFA20<sub>l</sub>としては、例えば上述の図2に示したような具体的な構成を有するようにしてもよい。

さらに、本光増幅装置4'では、各バンド用EDFA20<sub>c</sub>、20<sub>l</sub>の前段に光カプラ31<sub>c</sub>、31<sub>l</sub>がそれぞれ設けられ、各EDFA20<sub>c</sub>、20<sub>l</sub>への入力光パワーがモニタ32<sub>c</sub>、32<sub>l</sub>でそれぞれモニタされて演算部40<sub>c</sub>1に出力される。なお、各バンドについてのEDFAへの入力光パワーのモニタ方法は、上記に限られるものではなく、例えば、両バンドのWDM信号光をWDMカプラ51の前段で一括して分岐した後に各バンドに分波してモニタするようにしてもよい。

上記のような構成の第3実施形態によれば、前段のラマン増幅器側および後段のEDFA側の各構成をCバンドおよびLバンドにそれぞれ対応させてユニット化することで、各バンドごとに独立した入力断検出およびシャットダウン制御を行うことができる。

すなわち、本光増幅装置が適用されるような光通信システムでは、CバンドおよびLバンドのWDM信号光が1本の伝送路を介して一括して伝送されるが、各々のバンドのWDM信号光の伝送制御は基本的に独立して行われるのが一般的である。例えば、各光中継局間では各バンドごとに設定した監視制御信号が送受信され、C、Lバンドごとに独立した制御が行われる。

このようなシステムでは、一方のバンドのWDM信号光の伝送について異常が発生した場合でも、他方のバンドのWDM信号光の伝送については通常の状態を維持することが望まれる。上記のように光増幅装置の構成を各バンドごとに独立した構成としておくことで、一方のバンドの信号光が入力断になっても、他方のバンドの信号光は正常に増幅を行うことが可能となる。なお、伝送路の断線やコネクタの開放等が発生した場合には、両方のバンドの信号光が入力断となるため、高いレベルの励起光が外部に放射されることはない。

また、ラマン増幅器側およびEDFA側の各構成をC、Lバンドごとにユニット化しておけば、例えば、本光増幅装置4'の導入初期にはCバンドに对应したユニットだけを取り付け、運用開始後に必要に応じてLバンドに对应したユニット

16

そして、上記 (1c) 式および (1<sub>L</sub>) 式に従って計算した各バンドごとの ASS 光のトータルパワー  $Ass_c$ ,  $Ass_L$  を用いて、例えば、信号光の入力断を判断するための閾値を補正する場合、各バンドごとの補正後の閾値  $INDWN_{TH}(c)$ ,  $INDWN_{TH}(c)$  が、例えば次の (2c) 式および (2<sub>L</sub>) 式に従ってそれぞれ算出される。

$$INDWN_{TH}(c) = INDWN_{TH-OLD}(c) + ASS_c \cdot INDWN_{coeff}(c) \dots (2c)$$

$$INDWN_{TH}(L) = INDWN_{TH-OLD}(L) + ASS_L \cdot INDWN_{coeff}(L) \dots (2_L)$$

ただし、 $INDWN_{TH-OLD}(c)$ ,  $INDWN_{TH-OLD}(L)$  は補正前の断閾値、 $INDWN_{coeff}(c)$ ,  $INDWN_{coeff}(L)$  は補正係数である。

そして、上記 (2c) 式および (2<sub>L</sub>) 式に従って計算した補正後の閾値  $INDWN_{TH}(c)$ ,  $INDWN_{TH}(L)$  と各バンドに対応したモニタ 3 2 c, 3 2<sub>L</sub> の各モニタ結果とがそれぞれ比較されることで、C、L バンドごとの入力断検出が行われる。

なお、上述した第 1～3 実施形態では、ラマン励起光源の前方から出射されるラマン励起光の一部を光アップラで分岐してモニタするようにしたが、これ以外にも、ラマン励起光源の後方から出射される光をモニタするようにしてもよい。また、第 2、3 実施形態の場合のように複数のラマン励起光源を用いる場合には、WDM カプラで合波したラマン励起光の一部を分岐し、該分岐光を狭帯域の光ファイバ等を用いて各波長成分に分波して光パワーをモニタするようにしても構わない。

さらに、上述した第 1～3 実施形態では、光増幅装置の入力側に接続される伝送路をラマン増幅媒体とする構成としたが、本発明はこれに限らず、光増幅装置内に別途ラマン増幅媒体を備える構成としても構わない。この場合のラマン増幅媒体としては、励起効率の高いモードファイバの小さな光ファイバを用いることが好ましい。

加えて、EDFA の具体的な構成として、前段増幅部および後段増幅部を有する 2 段増幅構成を例示したが、本発明に用いられる EDFA の構成はこれに限定されるものではなく、1 段あるいは 3 段以上の増幅構成とすることが可能である。また、上述した第 1～3 実施形態では、ラマン増幅媒体に供給される励起光の

16

トを増設するなどといった柔軟な対応が可能であり、比較的高価な励起光源の初期搭載台数を減らして導入コストを抑えることができるという効果も生じる。

ここで、上記のように各バンドごとに信号光の入力断検出を行う場合における演算部 40 c<sub>L</sub> の具体的な演算方法の一例を挙げておく。

演算部 40 c<sub>L</sub> では、各モニタ 1 3 c<sub>1</sub>～1 3 c<sub>3</sub>, 1 3<sub>L1</sub>～1 3<sub>L3</sub> でモニタされた各々のラマン励起光パワーを用いて、各バンドごとの ASS 光のトータルパワー  $Ass_c$ ,  $Ass_L$  が、次の (1c) 式および (1<sub>L</sub>) 式に従ってそれぞれ算出される。なお、(1c) 式および (1<sub>L</sub>) 式は、上述の (1) 式について、例えば、各バンドごとに 3 つの励起光源を用いた場合 (1=3) に、ポンプ間ラマンの影響を考慮するとともに ASS 光のトータルパワーとラマン励起光のパワーの関係 (図 3) を 2 次関数で近似して精度をより高めた場合の関係式の一例である。

$$Ass_c = cm_1 \cdot 10^{\frac{Id_1 \cdot (cp_1 \cdot Pu_1)^2 + Id_1 \cdot (cp_1 \cdot Pu_1 - d_{12} \cdot cp_2 \cdot Pu_2 - d_{13} \cdot cp_3 \cdot Pu_3 - d_{31} \cdot cp_3 \cdot Pu_3 - d_{32} \cdot cp_2 \cdot Pu_2 - d_{21} \cdot cp_1 \cdot Pu_1)^2 + Id_0}{10}}$$

$$+ cm_2 \cdot 10^{\frac{Id_2 \cdot (cp_2 \cdot Pu_2)^2 + Id_2 \cdot (cp_2 \cdot Pu_2 - d_{23} \cdot cp_3 \cdot Pu_3 - d_{21} \cdot cp_1 \cdot Pu_1 - d_{12} \cdot cp_1 \cdot Pu_1 - d_{31} \cdot cp_3 \cdot Pu_3 - d_{32} \cdot cp_2 \cdot Pu_2 - d_{21} \cdot cp_1 \cdot Pu_1)^2 + Id_0}{10}}$$

$$+ cm_3 \cdot 10^{\frac{Id_3 \cdot (cp_3 \cdot Pu_3)^2 + Id_3 \cdot (cp_3 \cdot Pu_3 - d_{31} \cdot cp_1 \cdot Pu_1 - d_{32} \cdot cp_2 \cdot Pu_2 - d_{12} \cdot cp_1 \cdot Pu_1 - d_{21} \cdot cp_1 \cdot Pu_1 - d_{23} \cdot cp_2 \cdot Pu_2 - d_{21} \cdot cp_1 \cdot Pu_1)^2 + Id_0}{10}}$$

$$\dots (1c)$$

$$Ass_L = lm_1 \cdot 10^{\frac{Id_1 \cdot (lp_1 \cdot Pu_1)^2 + Id_1 \cdot (lp_1 \cdot Pu_1 - d_{12} \cdot lp_2 \cdot Pu_2 - d_{13} \cdot lp_3 \cdot Pu_3 - d_{31} \cdot lp_3 \cdot Pu_3 - d_{32} \cdot lp_2 \cdot Pu_2 - d_{21} \cdot lp_1 \cdot Pu_1)^2 + Id_0}{10}}$$

$$+ lm_2 \cdot 10^{\frac{Id_2 \cdot (lp_2 \cdot Pu_2)^2 + Id_2 \cdot (lp_2 \cdot Pu_2 - d_{23} \cdot lp_3 \cdot Pu_3 - d_{21} \cdot lp_1 \cdot Pu_1 - d_{12} \cdot lp_1 \cdot Pu_1 - d_{31} \cdot lp_3 \cdot Pu_3 - d_{32} \cdot lp_2 \cdot Pu_2 - d_{21} \cdot lp_1 \cdot Pu_1)^2 + Id_0}{10}}$$

$$+ lm_3 \cdot 10^{\frac{Id_3 \cdot (lp_3 \cdot Pu_3)^2 + Id_3 \cdot (lp_3 \cdot Pu_3 - d_{31} \cdot lp_1 \cdot Pu_1 - d_{32} \cdot lp_2 \cdot Pu_2 - d_{12} \cdot lp_1 \cdot Pu_1 - d_{21} \cdot lp_1 \cdot Pu_1 - d_{23} \cdot lp_2 \cdot Pu_2 - d_{21} \cdot lp_1 \cdot Pu_1)^2 + Id_0}{10}}$$

$$\dots (1_L)$$

ただし、 $Pu_1 \sim Pu_3$  は、各励起光源で発生するラマン励起光パワー、 $cm_1 \sim cm_3$ ,  $lm_1 \sim lm_3$  は重み付け係数、 $d_{12} \sim d_{32}$ ,  $d_{13} \sim d_{33}$  は算出式係数、 $cp_1 \sim cp_3$ ,  $lp_1 \sim lp_3$  は実効ポンプ係数、 $d_{11}$ ,  $d_{22}$ ,  $d_{33}$  はポンプ間ラマン係数である。

パワーのモニタ結果を用いてASS光のトータルパワーを計算により求め、該計算結果を基に補正を行って信号光の入力断検出を行うようにしたが、本発明はこれに限らず、例えば、光増幅装置内を伝搬する信号光のスペクトルを直接測定して入力断を検出するようにしてもよい。具体的には、図8に示すように、光増幅装置内で信号光が伝搬される伝送路上の任意の場所（図ではEDFAの前段）に光カブラ60が挿入され、該光カブラ60の分岐光のスペクトルが簡易光スペアナユニット61で測定されて、その結果がS/Nモニタ部62に送られる。このS/Nモニタ部62では、光カブラ60で分岐されたWDM信号光についての信号成分（S）および雑音成分（N）の各パワーが求められS/N比が検出される。そして、WDM信号光に含まれるすべての波長の光信号、あるいは、特定の波長の光信号についてのS/N比が予め設定した基準値以下になった場合に、信号光の入力断が判断される。

また、例えば、WDM信号光と共に伝送される監視制御信号（信号光帯域の内都または外都に別途配置された光信号）を検出することで信号光の入力断を判断することも可能である。具体的には、図9に示すように、光増幅装置内で信号光が伝搬される伝送路上の任意の場所（図ではEDFAの前段）に挿入した光カブラ63で抽出された監視制御信号が監視制御信号モニタ部64に送られ監視制御信号の有無が検出される。そして、監視制御信号の遮断が検出された場合に信号光の入力断が判断される。なお、上述した第3実施形態の場合のようにC、Lバンドごとの制御が行われる場合には、各バンドに分波された状態の信号光から各々に対応した監視制御信号を抽出して、各バンドで独立した入力断検出を行うようにするのが好ましい。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、各種の光通信システムに用いられる光増幅装置について産業上の利用可能性が大であり、特に、ラマン増幅器との組み合わせにより信号光の増幅を行う光増幅装置における確実な入力断検出および安全性向上を図る技術として有用である。

#### 請求の範囲

1. ラマン増幅媒体に励起光を供給することで、前記ラマン増幅媒体を伝搬する信号光をラマン増幅する第1光増幅手段を備えた光増幅装置において、前記第1光増幅手段による雑音光成分を検出し、該検出結果を利用して信号光の入力断を判断する入力断検出手段を備えたことを特徴とする光増幅装置。
2. 請求項1に記載の光増幅装置であって、前記入力断検出手段で信号光の入力断が判断されたとき、前記励起光の供給を遮断するシャットダウン制御手段を備えたことを特徴とする光増幅装置。
3. 請求項1に記載の光増幅装置であって、前記第1光増幅手段から出力される信号光を増幅する第2光増幅手段を備えたことを特徴とする光増幅装置。
4. 請求項3に記載の光増幅装置であって、前記入力断検出手段は、前記ラマン増幅媒体に供給される励起光パワーを検出する励起光パワー検出部と、前記第2光増幅手段への入力光パワーを検出する入力光パワー検出部と、前記励起光パワー検出部の検出結果に応じて前記第1光増幅手段による雑音光パワーを算出し、該算出した雑音光パワーに従って、前記入力光パワー検出部で検出された入力光パワーと入力断の判断基準となる閾値との相対的なレベルの補正を行い、第2光増幅手段への入力光パワーが前記閾値よりも小さいときに信号光の入力断を判断する演算部と、を有し、前記シャットダウン制御手段は、前記入力断検出手段で信号光の入力断が判断されたとき、少なくとも前記ラマン増幅媒体への励起光の供給を遮断することを特徴とする光増幅装置。
5. 請求項4に記載の光増幅装置であって、前記シャットダウン制御手段は、前記入力断検出手段で信号光の入力断が判断されたとき、前記第2光増幅手段の光増幅動作も停止させることを特徴とする光増幅装置。
6. 請求項3に記載の光増幅装置であって、前記第2光増幅手段は、希土類元素ドープファイバを用いた光ファイバ増幅器

19

を備えたことを特徴とする光増幅装置。

7. 請求項1に記載の光増幅装置であって、

前記第1光増幅手段は、波長の異なる複数のラマン励起光源と、該各ラマン励起光源から出力される各々の波長の励起光を合波して前記ラマン増幅媒体に供給する光合波器とを備えたことを特徴とする光増幅装置。

8. 請求項7に記載の光増幅装置であって、

前記信号光が、第1波長帯の光信号および第2波長帯の光信号を含むとき、前記第1光増幅手段は、前記第1波長帯に対応した前記ラマン励起光源で発生する励起光を合波して出力する第1励起光源ユニットと、前記第2波長帯に対応した前記ラマン励起光源で発生する励起光を合波して出力する第2励起光源ユニットと、該各励起光源ユニットから出力される各々の励起光を合波して前記ラマン増幅媒体に供給する光合波器と、を備えたことを特徴とする光増幅装置。

9. 請求項1に記載の光増幅装置であって、

前記第1光増幅手段は、前記ラマン増幅媒体が接続されるコネクタと、前記ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーを検出する透過励起光パワー検出部と、

前記ラマン増幅媒体に供給される励起光が前記コネクタの端面で反射した反射光のパワーを検出する反射励起光パワー検出部と、

前記透過励起光パワー検出部および前記反射励起光パワー検出部の各検出結果に基づいて前記コネクタが正常に接続されているかを判断し、前記コネクタが正常に接続されているときには、前記励起光パワーをラマン増幅可能な所定レベルに設定し、前記コネクタが正常に接続されていないときには、前記励起光パワーを安全レベルまで低下させる安全光制御部と、を備えたことを特徴とする光増幅装置。

10. コネクタを介して接続されたラマン増幅媒体に励起光を供給することで、前記ラマン増幅媒体を伝搬する信号光をラマン増幅する第1光増幅手段を備えた光増幅装置において、

前記第1光増幅手段は、前記ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーを検出する透過励起光パワー検出部と、

20

前記ラマン増幅媒体に供給される励起光が前記コネクタの端面で反射した反射光のパワーを検出する反射励起光パワー検出部と、

前記透過励起光パワー検出部および前記反射励起光パワー検出部の各検出結果に基づいて前記コネクタが正常に接続されているかを判断し、前記コネクタが正常に接続されているときには、前記励起光パワーをラマン増幅可能な所定レベルに設定し、前記コネクタが正常に接続されていないときには、前記励起光パワーを安全レベルまで低下させる安全光制御部と、を備えたことを特徴とする光増幅装置。



2/10

1/10

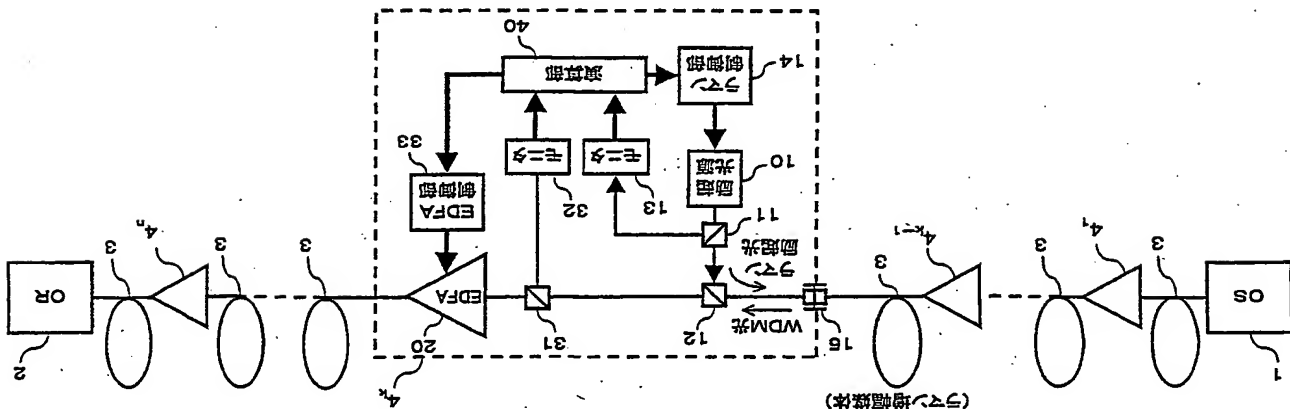


図1

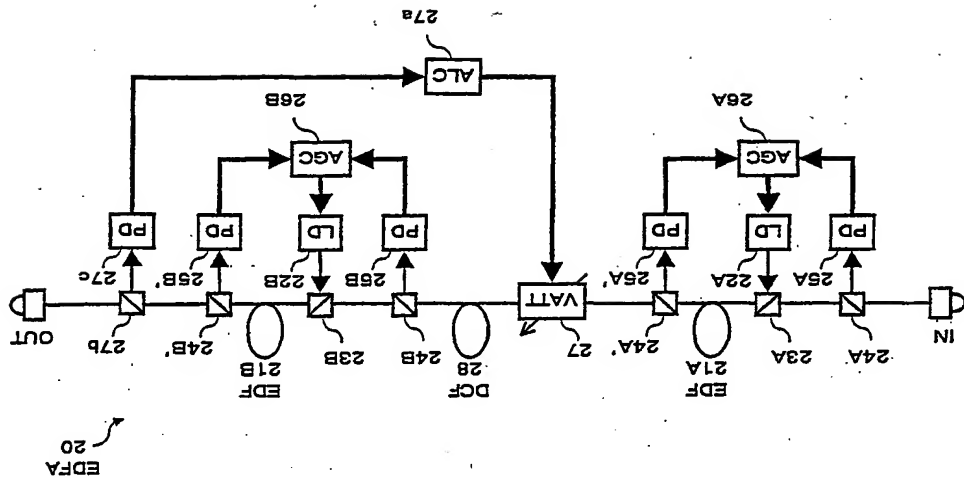


図2

3/10

図3

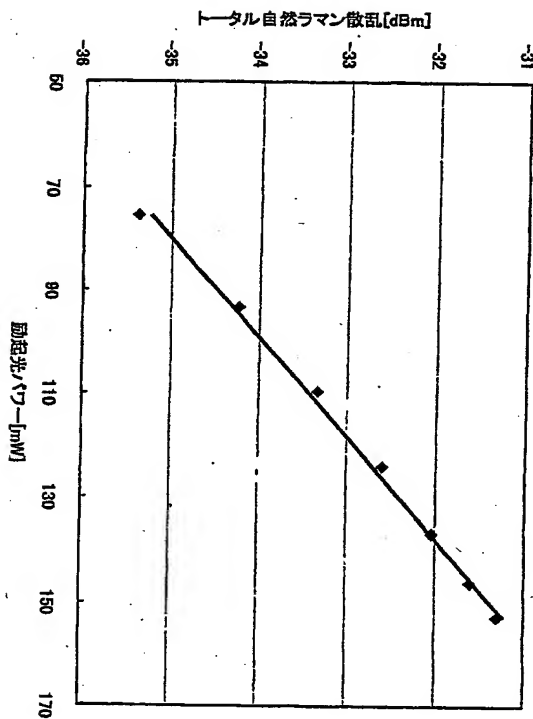
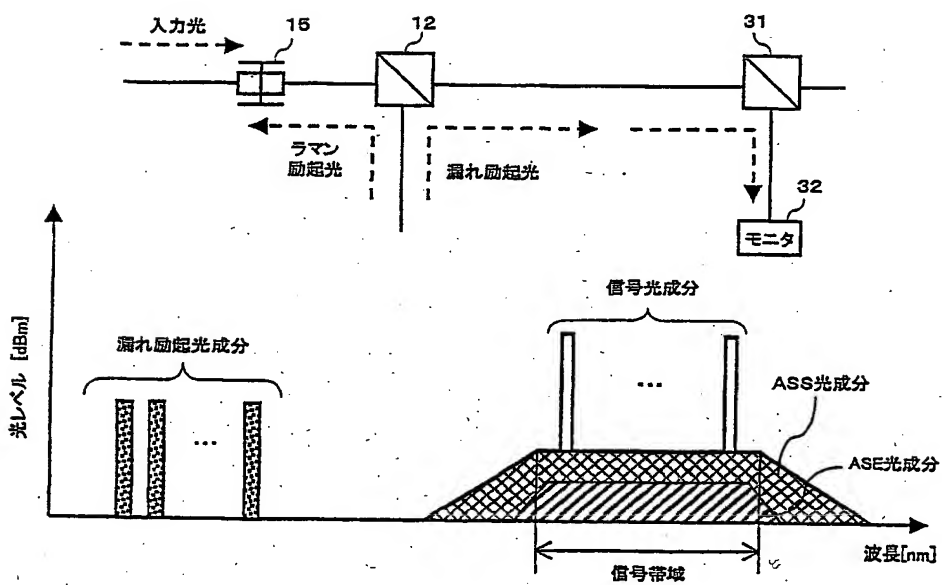


図4



4/10





図7

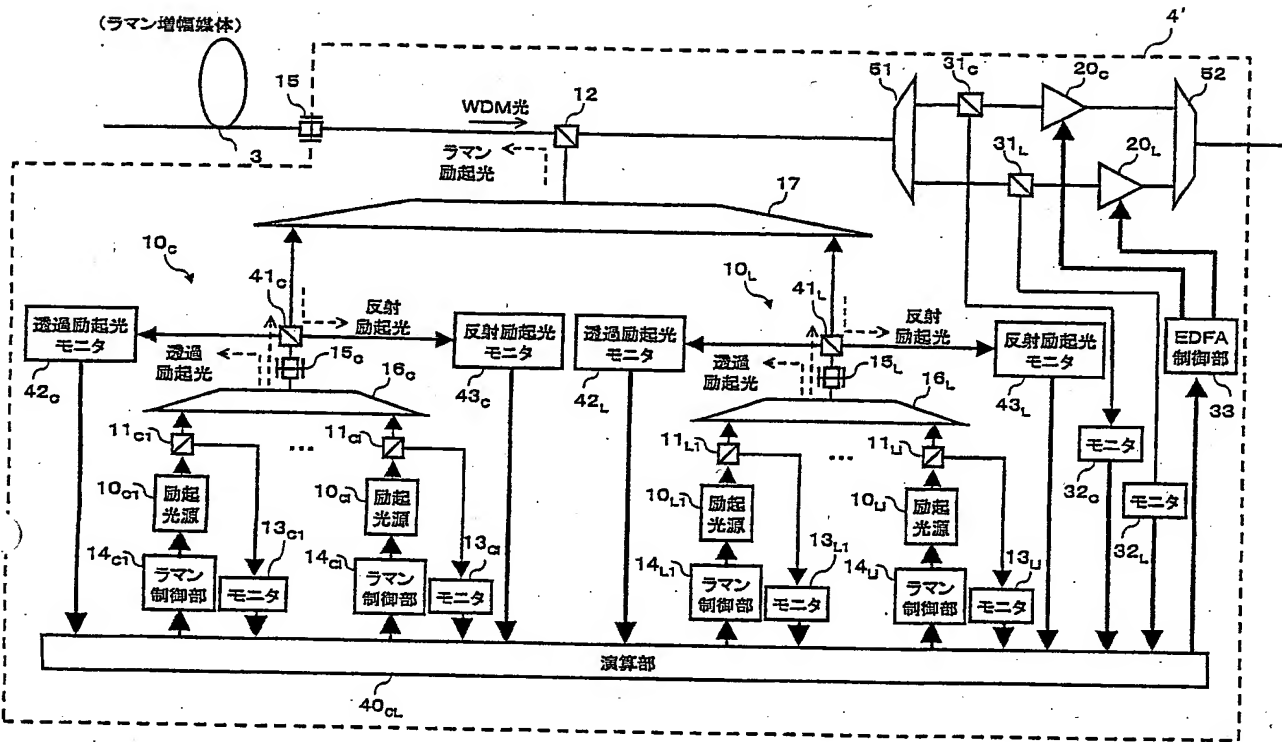


図8

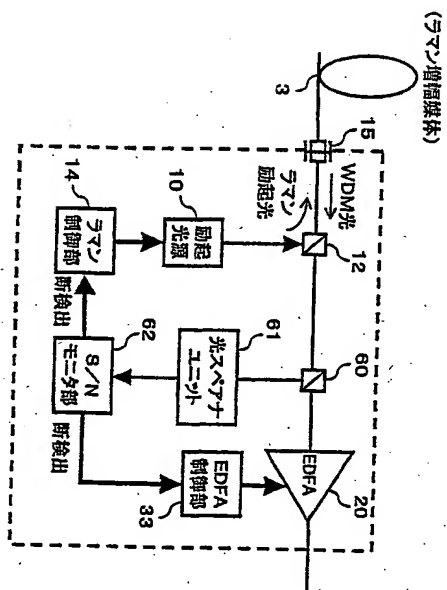
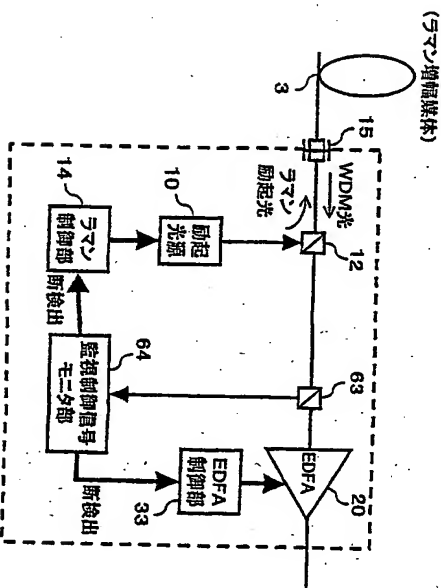


図9



9/10

10/10

図10

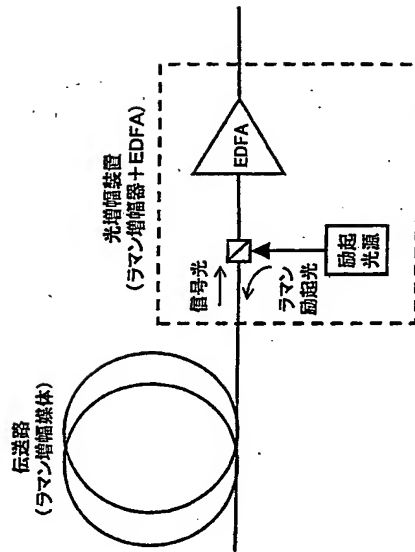


図12

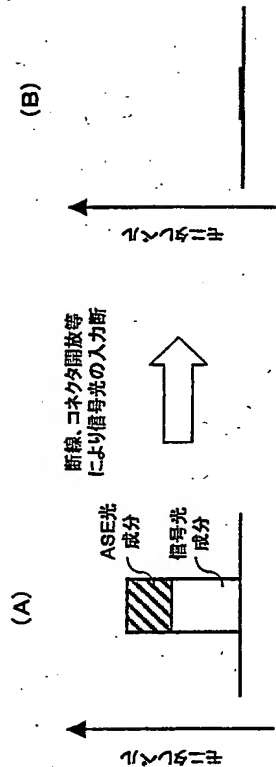


図11

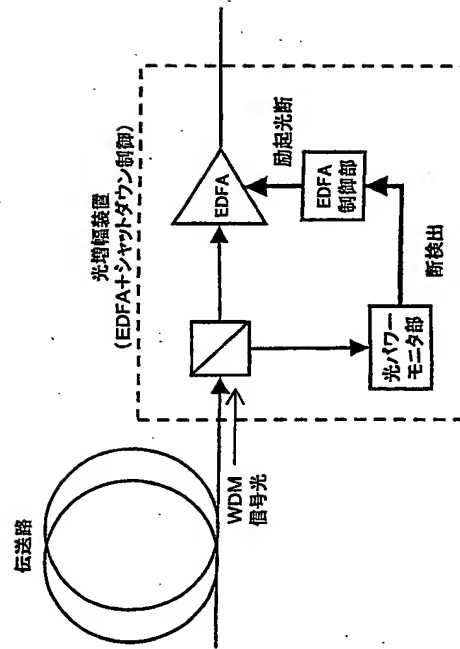
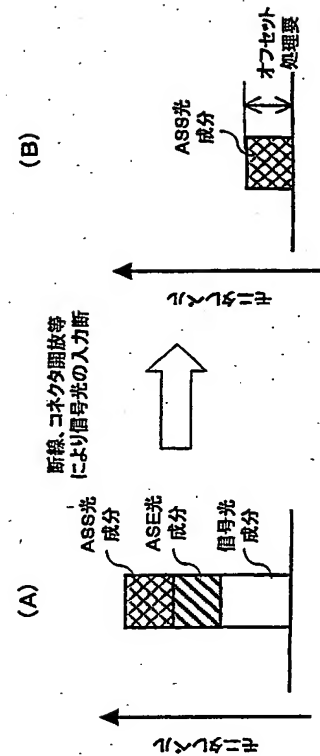


図13





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06102

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06102

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.<sup>7</sup> G02F1/35, H04B10/17, H01B3/10, H01B3/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.<sup>7</sup> G02F1/35, H04B10/17, H01B3/10, H01B3/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI (DIALOG), INSPEC (DIALOG), JOIS (JICST FILE)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-215016 A (Fujitsu Limited et al.), 11 August, 1998 (11.08.98), Par. No. [0045]; Figs. 1 to 8	1-3, 6-8 9
Y	Par. No. [0045]; Figs. 1 to 8 (Family: none)	
X	JP 7-240717 A (Oki Electric Industry Co., Ltd. et al.), 12 September, 1995 (12.09.95), Par. No. [0003]; Figs. 1 to 19	10 9
Y	Par. No. [0003]; Figs. 1 to 19 (Family: none)	
A	EP 1018666 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 12 July, 2000 (12.07.00), Par. No. [0059]; Fig. 9 & JP, 2000-38433, A	1 - 10
A	Conference Proceedings, LOS'97, 10th Annual Meeting, IEEE Lasers and Electro-Optics Society 1997 Annual Meeting, Vol. 1, pages 224-225, (1997), P.B.Hansen, "Remote Amplification in Optical Transmission Systems"	1 - 10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "B" earlier document but published on or after the international filing date
- "C" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "D" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "E" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
- "F" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "G" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "H" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "I" document number of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
30 November, 2000 (30.11.00)Date of mailing of the international search report  
19 December, 2000 (19.12.00)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 11, No. 7, pages 886-888, (1999), S. Kawai et al., "Wide-Bandwidth and Long-Distance WDM Transmission Using Highly Gain-Flattened Hybrid Amplifier"	1 - 10
A	24th European Conference on Optical Communication, ECOC'98, Vol. 1, pages 51-52, (1998), H. Masuda et al., "Wide-band and low noise optical amplification using distributed Raman amplifiers and erbium-doped fiber amplifiers"	1 - 10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06102

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(e) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(e).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-9 relate to an optical amplifier that uses the result of detection of a noise light component due to first optical amplifying means for Raman-amplifying a signal light so as to judge stop of input of the signal light.

The invention of claim 10 relates to an optical amplifier that measures the power of the pumping light supplied to a Raman amplifying medium and the power of light reflected from a portion where the supply of the pumping light is shut down.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest. ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))	
Int. Cl.	G02F1/35, H04B10/17, H01S3/10, H01S3/30
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))	
Int. Cl.	G02F1/35, H04B10/17, H01S3/10, H01S3/30
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2000年 日本国登録実用新案公報 1994-2000年 日本国実用新案登録公報 1996-2000年	

国際調査で使った電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI (DIALOG), INSPEC (DIALOG), JOIS (JICSTファイル)

C. 関連すると思われる文献	
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示
X	JP, 10-215016, A (富士通株式会社 外 1 名) 11. 8 月. 1998 (11. 08. 98)
Y	段落番号 [0045], 第 1-8 図 段落番号 [0045], 第 1-8 図 (フアミリーなし)
X	JP, 7-240717, A (沖電気工業株式会社 外 3 名) 12. 9 月. 1995 (12. 09. 95)
Y	段落番号 [0003], 第 1-19 図 段落番号 [0003], 第 1-19 図 (フアミリーなし)

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントフアミリーに関する別紙を参照。

- \* 引用文献のカテゴリー
- [A] 特許に開通のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
  - [E] 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
  - [L] 優先権主張に基いて発明の文獻の発行者若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文獻 (理由を付す)
  - [O] 口頭による開示、使用、展示等に言及する文獻
  - [P] 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文獻
  - [T] 国際出願日又は優先日後に公表された文獻であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
  - [X] 特許に開通のある文獻であって、当該文獻のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
  - [Y] 特許に開通のある文獻であって、当該文獻と他の 1 以上の文獻との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
  - [&] 同一パテントフアミリー文獻

国際調査を完了した日	30. 11. 00
国際調査報告の発送日	19. 12. 00
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JIP) 郵便番号 100-8916 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 三橋 健二 2X 9813 電話番号 03-3581-1101 内線 3293

C (続き). 関連すると思われる文献	
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示
A	EP, 1018666, A (The Furukawa Electric Co., Ltd.) 12. 7 月. 2000 (12. 07. 00), 段落番号 [0059], 第 9 図 & JP, 2000-98433, A
A	Conference Proceedings. LEOS' 97, 10th Annual Meeting. IEEE Lasers and Electro-Optics Society 1997 Annual Meeting, Vol. 1, pp. 224-225 (1997) P. B. Hansen, "Remote Amplification in Optical Transmission Systems"
A	IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 11, NO. 7, pp. 886-888 (1999) S. Kawai et al., "Wide-Bandwidth and Long-Distance WDM Transmission Using Highly Gain-Plattened Hybrid Amplifier"
A	24th European Conference on Optical Communication. ECOC' 98, Vol. 1, pp. 51-52 (1998) H. Masuda et al., "Wide-band and low noise optical amplification using distributed Raman amplifiers and erbium-doped fiber amplifiers"

第1欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)  
法第8条第3項 (PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成できなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意味な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第2欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-9は、信号光の入力断を判断するために、信号光をラマン増幅する第1光増幅手段による雑音光成分を検出し、該検出結果を利用するものである。

請求の範囲10は、信号光の入力断を判断するために、ラマン増幅媒体に供給される励起光のパワーと、励起光が破断の部位で反射された反射光のパワーとを検出し、該検出結果を利用するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期限内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部ののみが期限内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期限内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。